

韓國開發研究

제37권 특별호(통권 제127호)

기술표준화, 정부개입, 그리고 공인인증서

송 영 관

(한국개발연구원 연구위원)

Technology Standardization, Government Intervention,
and Public Electronic Certificate in Korea

Yeongkwan Song

(Fellow, Korea Development Institute)

* 송영관: (e-mail) ysong@kdi.re.kr (address) Korea Development Institute, 15, Giljae-gil, Sejong-si, 339-007, Korea.

- Key Word: 기술표준화(Technology Standardization), 정부개입(Government Intervention), 공인인증서(Public Electronic Certificate)
- JEL Code: O33, O38
- Received: 2014. 8. 29 • Referee Process Started: 2014. 9. 4
- Referee Reports Completed: 2014. 12. 15

KDI Journal of Economic Policy, vol. 37, supplementary issue, 2015

© Korea Development Institute 2015

ABSTRACT

Korea witnesses continued debate over the policy that mandates the use of the public authentication certificate (electronic certificate) in electronic financing. The debate mainly centers on the rationale of the government compelling, as a standard, a public electronic certificate based on a specific technology, among several user authentication technologies. This paper looks into the impacts of both adoption and abolition of this mandatory policy and thereby analyzes the effects of government intervention in technology standardization. To that end, two main questions are presented: what conditions would enable a single technology to serve as a standard in the market without government intervention; and what conditions would make the standard determined in the market contribute to maximizing social welfare. This paper demonstrates that the attitude and preference of market participants towards each technology determine the level of market equilibria and social welfare caused by the adoption and abolition of the mandatory policy on electronic certificate.

전자금융에서 공인인증서 사용을 의무화한 정책에 대해 논란이 계속되고 있다. 이 논란의 근간은 다양한 사용자 인증기술 중 정부가 특정 기술에 기반한 공인인증서만을 표준으로 강제할 필요가 있는가에 대한 것이다. 본 논문에서는 전자금융에서 특정 기술에 기반한 공인인증서 사용을 의무화한 '공인인증서 의무화정책'의 도입과 폐지 효과에 대해 살펴봄으로써 정부의 기술표준화 개입의 효과를 분석하기로 한다. 본 연구의 주요 질문은, 첫째 정부의 개입 없이도 시장에서 단일 기술로 표준화가 형성될 조건은 무엇인가, 그리고 둘째, 시장에서 표준으로 결정된 기술이 사회후생을 극대화할 조건은 무엇인가이다. 본 논문은 이 질문에 대한 답을 통해 '공인인증서 의무화정책'의 도입과 폐지 효과를 살펴보았다. 본 연구에서는 시장참여자의 각 기술에 대한 선호도 유형과 차이가 '공인인증서 의무화정책'의 도입과 폐지로 인한 시장균형과 사회후생 수준을 결정한다는 것을 보였다.

I. 서론

공인인증서에 대해 많은 논란이 있다. 현 「전자서명법」 제2조에 따르면 공인인증서는 동법 “제15조의 규정에 따라 공인인증기관이 발급하는 인증서”로 정의되어 있다. 또 동조항에 인증서는 “전자서명생성정보가 가입자에게 유일하게 속한다는 사실 등을 확인하고 이를 증명하는 전자적 정보”로 정의되어 있다. 즉, 한국의 공인인증서는 정부가 공인한 전자서명으로 전자거래에서 본인 확인을 위한 일종의 전자 인감증명서이다. 정부는 공인인증서를 발급하고 인증하는 공인인증기관으로 현재 한국정보인증(주), 금융결제원, (주)코스콤, 한국전자인증(주), (주)한국무역정보통신 등 5개 기관을 지정하고 있다. 한국인터넷진흥원 전자서명인증관리센터는 최상위 인증기관으로 지정된 공인인증기관에 인증서를 교부하고, 공인인증기관이 이를 사용자에게 발급하게 된다.

한국의 공인인증서는 전자상거래의 확대에 따라 1999년 7월부터 시행된 「전자서명법」에 기반을 두고 도입되었다. 전자상거래는 신속하고 편리하며 거래비용을 감소시킨다는 장점이 있다. 그러나 비대면 거래라는 특징으로 인해 전자상거래에서 안전성과 신뢰성 확보문제가 중요하게 대두되었고, 이 문제를 해결하기 위한 대표적 방법이 전자서명과 전자인증이다. 공인인증서는 「전자서명법」 제1조에서 명시되어 있듯, 전자상거래의 확산에 따라 “전자문서의 안전성과 신뢰성을 확보하고 그 이용을 활성화하기 위하여” 도입되었다. 즉, 정부는 전자상거래 당사자의 신원을 확인하고 전자문서의 위·변조 및 부인을 방지하기 위해, 공인인증기관이 발급하는 인증서에 기초한 전자서명에 대해 “공인전자서명”의 지위를 부여하고 그 법적 효력을 인정하였다.

전자상거래 확대에 따라 전자서명에 법적 지위를 부여하는 인증문제는 이미 1980년대부터 OECD 국가를 중심으로 활발히 논의되었다. 그리고 유엔국제상거래법위원회(United Nations Commission on International Trade Law: UNCITRAL)는 2001년 「전자서명 모델법(Model Law on Electronic Signatures)」을 채택하여 국가 간 관련법의 조화를 추구하였다. UNCITRAL 전자서명 모델법의 근본 원칙은 현대 전자상거래법 설립 원칙인 비차별성(non-discrimination), 기술중립성(technological neutrality), 기능동등성(functional equivalence) 등 세 가지이다. 비차별성 원칙은 문서가 전자형태로

되어 있다는 이유만으로 법적 효력과 유효성 또는 시행이 거부되지 않는다는 원칙이다. 기술중립성 원칙은 특정 기술의 강제 사용을 배제하여 전자상거래 구현을 위해 사용되는 기술이 특정 기술에 종속되는 것을 방지하는 것을 목적으로 한다. 이 원칙은 전자상거래 관련 기술이 급속히 발전하고 있는 상황에서 미래의 진보된 기술이 추가 입법작업 없이 수용될 수 있는 것을 목표로 하고 있다. 기능동등성 원칙은 전자통신이 종이 기반의 통신과 동등하게 간주될 수 있는 조건을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1999년에 최초로 시행된 「전자서명법」은 전자서명을 위한 기술을 ‘전자서명키’란 특정 기술로 한정하였다.¹ 이 기술은 인터넷에서 사용자들이 신뢰할 수 있는 기관에서 부여된 한 쌍의 공개키와 개인키 사용을 통해 비대면 거래의 안전을 보장하기 위한 것으로, 당시 주목을 받던 공개키 기반구조(Public Key Infrastructure: PKI)에 바탕을 둔 것이다. 그러나 2001년 12월 31일 개정하여 이듬해 4월 1일부터 시행한 「전자서명법」은 UNCITRAL의 「전자서명 모델법」의 기술중립성 원칙을 수용하여, 특정한 기술로 한정하던 전자서명을 관련 기술의 발전에 따라 적용 가능한 모든 기술을 수용할 수 있도록 전자서명의 개념을 포괄적으로 정의하였다.² 본 법의 개정 이유는 “현행법은 전자서명을 위한 기술을 ‘전자서명키’ 등 특정 기술로 한정하고 있으므로, 앞으로의 전자서명 및 인증기술의 발전 추세에 대비하여, 보다 다양한 기술을 수용할 수 있도록 전자서명의 개념을 새로이 정의하고, 국제화 시대를 맞이하여 날로 확대되는 국제거래상의 전자서

1 1999년 2월 5일에 제정하고 동년 7월 1일부로 시행된 최초 「전자서명법」 제3조와 8조는 다음과 같다:
제3조(전자서명의 효력)

- ① 공인인증기관이 제15조의 규정에 의하여 발급한 인증서에 포함된 전자서명검증키에 합치하는 전자서명생성키로 생성한 전자서명은 법령이 정한 서명 또는 기명날인으로 본다.
- ② 제1항의 규정에 의한 전자서명이 있는 경우에는 당해 전자서명이 당해 전자문서의 명의자의 서명 또는 기명날인이고, 당해 전자문서가 전자서명된 후 그 내용이 변경되지 아니하였다고 추정한다.

제8조(공인인증기관의 업무수행)

- ① 공인인증기관은 인증업무를 개시하기 전에 정보화촉진기본법 제14조의2의 규정에 의한 한국정보보호센터(이하 “보호센터”라 한다)로부터 전자서명검증키를 인증받아야 한다.
- ② 공인인증기관은 제1항의 규정에 의하여 인증받은 전자서명검증키에 합치하는 전자서명생성키를 이용하여 인증업무를 수행하여야 한다.

2 2002년에 시행된 「전자서명법」은 전자서명의 정의를 “전자문서를 작성한 자의 신원과 전자문서의 변경 여부를 확인할 수 있도록 비대칭 암호화방식을 이용하여 전자서명생성키로 생성한 정보로서 당해 전자문서에 고유한 것”에서 “서명자를 확인하고 서명자가 당해 전자문서에 서명을 하였음을 나타내는 데 이용하기 위하여 당해 전자문서에 첨부되거나 논리적으로 결합된 전자적 형태의 정보”로 변경하였다. 또 제2조에 공인전자서명 요건을 명시하였고, ‘전자서명키’란 특정 기술이 아니어도 이런 요건을 갖추고 공인인증서에 기초한 전자서명을 공인전자서명으로 인정하였다. 그리고 제3조 3항에 “공인전자서명 외의 전자서명은 당사자 간의 약정에 따른 서명, 서명날인 또는 기명날인으로서의 효력을 가진다”고 명기함으로써 공인전자서명 이외의 전자서명에 대한 효력을 인정하였고, 공인인증기관의 업무수행에 대한 제8조도 개정하였다.

명 인증문제를 명확하게 규정하며, 현행 제도의 운영상 나타난 일부 미비점을 개선·보완하려는 것”이었다.³

현재 공인인증서 논란의 핵심은 전자금융거래에 공인인증서 사용을 의무화한 정책(이하 ‘공인인증서 의무화정책’)이다. 정부는 각각 2002년 9월과 2003년 3월에 인터넷 뱅킹과 온라인 증권거래에 공인인증서 적용을 의무화하였다.⁴ 공인인증서 의무화정책은 2006년 12월 28일 금융감독위원회에서 시행한 「전자금융감독규정」에 의해 명문화되었다.⁵ 또한 2006년 4월 28일 제정되고, 2007년 1월 1일부로 처음 시행된 「전자금융거래법」에서 전자금융거래에 사용되는 공인인증서 기술 선택에 대해 금융위원회에 권한을 부여하였다.⁶ 그리고 2006년 12월 28일부터 금융위원회에서 개정하여 시행한 「전자금융감독규정」은 전자금융거래에서 공인인증서 의무화 예외의 책임을 금융감독원장에게 위임하였다.⁷ 같은 날 2차 개정된 「전자금융감독규정시행세칙」 제31조 4항에 따라 금융감독원은 “전자상거래에서 지급결제로서 30만원 미만의 신용카드 결제 또는 온라인 계좌이

3 국가법령정보센터가 2002년에 시행한 「전자서명법」 제·개정 이유를 참고하라. 현행 「전자서명법」의 제3조와 제8조는 다음과 같다:

제3조(전자서명의 효력 등)

- ① 다른 법령에서 문서 또는 서면에 서명, 서명날인 또는 기명날인을 요하는 경우 전자문서에 공인전자서명이 있는 때에는 이를 충족한 것으로 본다.
- ② 공인전자서명이 있는 경우에는 당해 전자서명이 서명자의 서명, 서명날인 또는 기명날인이고, 당해 전자문서가 전자서명된 후 그 내용이 변경되지 아니하였다고 추정한다.
- ③ 공인전자서명외의 전자서명은 당사자간의 약정에 따른 서명, 서명날인 또는 기명날인으로서의 효력을 가진다.

제8조(공인인증기관의 업무수행)

- ① 미래창조과학부장관은 인증업무의 안전성과 신뢰성 확보를 위하여 공인인증기관이 인증업무수행에 있어 지켜야 할 구체적 사항을 전자서명인증업무지침으로 정하여 고시할 수 있다.
- ② 제1항의 규정에 의한 전자서명인증업무지침에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 공인인증서의 관리에 관한 사항
 2. 전자서명생성정보의 관리에 관한 사항
 3. 공인인증기관 시설의 보호에 관한 사항
 4. 그 밖에 인증업무 및 운영관리에 관한 사항

4 행정안전부(2011), p.340을 참조하라.

5 2006년 12월 28일에 시행된 「전자금융감독규정」 제7조는 다음과 같다:

제7조 (공인인증서 사용기준) 모든 전자금융거래에 있어 「전자서명법」에 의한 공인인증서를 사용하여야 한다. 다만 기술적·제도적으로 공인인증서 적용이 곤란한 전자금융거래로 감독원장이 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

6 2007년에 시행된 「전자금융거래법」 제21조 3항은 다음과 같다:

제21조 (안전성의 확보의무)

- ③ 금융감독위원회는 전자금융거래의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위하여 「전자서명법」 제2조제8호의 공인인증서의 사용 등 인증방법에 대하여 필요한 기준을 정할 수 있다.

7 행정안전부(2011), p.340을 참조하라.

체”는 공인인증서 사용의 예외로 규정하여 공인인증서 의무화 대상에서 제외하였다. 이와 같은 조치에 따라 전자금융거래를 위해서는 공인인증서를 발급받아 사용해야만 했다.

공인인증서에 대한 비판은 현재 공인인증서 발급을 위해 공인인증기관이 사용하고 있는 기술에 대한 비판과 함께 전자금융거래에 공인인증서 강제를 통해 특정 기술을 강제 한 것에 대한 비판으로 나뉠 수 있다. 현행 공인인증서 발급에 사용되는 기술에 대한 비판은 보안에 극도로 취약한 액티브 엑스 기반이라는 점과 공인인증서가 특정 폴더에 저장돼 유출이 쉽다는 점에 집중되고 있다. 실제로 공인인증서 유출 사고는 급증하고 있다. 2014년도 국감 제출 자료⁸에 따르면, 2014년 1월부터 9월까지 악성코드, 스미싱으로 인해 사용자의 컴퓨터 및 스마트폰에서 19,338건의 공인인증서가 유출되었다. 공인인증서 유출은 2012년에 8건, 2013년에 8,710건이 발생하였고 매년 급격히 증가하고 있다. 특정 기술에 기반한 공인인증서 사용 강제로 인해 공인인증서 기술의 발전도 이루어지지 않았다. 2010년 6월 30일에 시행된 전자금융감독규정은 현행 공인인증서 발급에 사용되는 기술 외에 이와 동등한 수준의 안전성이 인정되는 인증방법 사용을 허용하였으나, 인증방법의 안전성을 평가하기 위하여 새로운 기술의 사용은 금융감독원 인증방법평가위원회의 허가를 받아야 하였다. 그러나 여전히 공인인증서 분야에서 새로운 기술의 진입이 이루어지지 않고 있다.

공인인증서 의무화정책에 대한 논란이 계속되자, 공인인증서정책을 폐지하고 다양한 인증방법의 도입을 위해 2013년 5월 국회에서 「전자금융거래법」 일부개정안과 「전자서명법」 전부개정안이 발의되었다.⁹ 2014년 3월 대통령이 규제개혁장관회의에서 전자금융거래에 공인인증서를 의무화한 정책의 문제점을 지적하였고, 그해 4월 미래창조과학부는 액티브 엑스 없이 공인인증서를 이용할 수 있는 기술을 개발하는 내용을 담은 「2014년 미래부 규제개혁 추진계획」을 수립하고 본격적인 규제개혁에 착수한다고 발표하였다. 또한 금융위원회는 2014년 5월 20일부터 「전자금융감독규정시행세칙」 제4조를 개정하여 전자상거래 지급결제에서 ‘신용카드·직불카드 결제 또는 30만원 미만의 온라인 계좌이체’를 공인인증서 의무 사용대상에서 제외하였다. 그리고 2015년 10월 16일부로 시

8 새정치민주연합 전병헌 의원이 한국인터넷진흥원으로부터 제출받은 자료.

9 최재천 의원이 대표 발의한 「전자서명법」 전부개정안의 주요 내용은, 첫째 전자서명은 당사자 간의 합의에 의하여 사용될 수 있음을 규정하고 ‘전자서명’과 ‘공인전자서명’을 구별하지 않으며, 둘째 정부가 국내에서만 인정받는 ‘공인인증기관’을 지정하는 현행 제도를 개선하여 국내의 인증기관들이 국제시장으로 진출하고 국제적으로 그 신뢰성을 인정받을 수 있도록 하는 기반을 마련하고, 셋째 미래창조과학부장관이 정하는 인증업무수행기준을 충족하는 인증기관은 차별 없이 인증서비스 시장에서 경쟁할 수 있도록 보장하는 것이었다.

행될 예정인 「전자금융거래법」 제21조는 “금융위원회는 … 특정 기술 또는 서비스의 사용을 강제하여서는 아니 되며, 보안기술과 인증기술의 공정한 경쟁이 촉진되도록 노력하여야 한다.”는 조항을 명문화하고 있다.

공인인증서 의무화정책은 정부가 특정 기술을 전자금융거래의 표준으로 강제한 것이다. 일반적으로 표준화는 재화와 서비스의 규격 및 이용에 관한 통일된 기준을 만드는 것을 의미하지만 표준화의 대상은 제품의 규격뿐 아니라 생산공정, 컴퓨터 소프트웨어, 특정 기술 등 다양하다. 표준화는 재화와 서비스의 상호 호환성 및 운용성을 제공하여 소비자의 편의를 제고하고, 대량생산을 통한 규모의 경제 실현으로 기업의 생산 및 거래 비용을 감소시킬 수 있고, 또한 기술의 중복 투자를 방지할 수 있다.

이런 표준화는 세계화가 심화되는 1990년대 중반 이후 그 중요성이 더욱 강조되어 특히 정보통신시장을 중심으로 세계 정보통신기술 기반을 위한 국제간 표준 경쟁이 치열한 상황이다. 한국정부는 산업표준화법에 기초하여 산업 정보와 규격에 대한 표준화를 추진하고 있고, 또 전기통신기본법에 기초하여 정보통신에 관한 표준화를 추진해 오고 있는 등 다양한 분야에서 표준화를 위해 노력하고 있다. 국제적으로 표준화 기구는 각 분야별로 다양하며, 대표적인 것으로 1947년에 출범한 국제표준화기구(International Organization for Standardization: IOS)를 들 수 있다.

그러나 이런 표준화의 유용성에도 불구하고 표준화에는 부정적 측면이 있다. 우선 표준화는 혁신을 방해하는 측면이 있다. 표준화로 고착이 되면, 그 표준화 기술보다 더 우수한 기술이 개발된다고 하여도 우수한 기술이 시장에서 사용되기가 어려울 수 있다. David(1985)는 QWERTY 자판방식으로 시장에서 표준화가 일어남으로써, 더 우수한 드보락 자판방식이 개발되었음에도 불구하고 시장에서 사용되지 못하는 현상에 주목하였다.¹⁰ 또 정부 주도의 표준화의 경우 정보의 한계로 인해 소비자의 선호를 잘 반영하지 못할 위험이 존재한다. 그리고 표준화 이후 발생하는 지대로 인해 ‘지대추구’ 행위가 나타날 수 있다.

공인인증서정책에 대한 논란의 근간은 정부가 기술표준화에 개입하여 특정 기술을 강제하는 것이 과연 정당한가 하는 문제이다. 본 연구에서는 전자금융에서 공인인증서 사

10 과연 드보락 자판방식이 QWERTY 자판방식보다 더 우월한 방식이냐에 대해서는 논란이 있다. Coase(1974)가 순수 공공재의 예로 등대를 많이 이야기하지만 등대가 순수 공공재가 아니라는 것을 보인 것처럼, Liebowitz and Margolis(1990)는 QWERTY 자판방식이 덜 우월한 것이 아니었다며 David(1995)의 주장을 반박하였다. 그들의 연구는 Lewin(2002)에 종합되어 있다. 본 장의 모형 분석은 Auriol and Benaim(2000)이 개발한 모형을 바탕으로 한다.

용을 의무화한 ‘공인인증서 의무화정책’의 도입과 폐지 효과를 살펴봄으로써, 기술표준화에 정부가 개입하는 것이 시장균형과 사회후생에 어떤 효과가 있는지 살펴보기로 한다. 본 연구의 근본적 질문은, 첫째 정부의 개입 없이도 시장에서 단일 기술로 표준화가 일어날 조건은 무엇인가, 그리고 둘째, 시장에서 결정되는 표준화가 사회후생을 극대화할 조건은 무엇인가이다. 이 질문에 대한 답을 통해 ‘공인인증서 의무화정책’의 도입과 폐지 효과를 살펴보기로 한다.

이 질문에 답하기 위해 본 연구에서는 공인인증서를 다양한 사용자 인증기술 중 단일한 표준으로 해석하고, 잠재적 표준화가 가능한 다른 사용자 인증기술이 존재하는 것을 가정한다. 이 상황에서 정부가 개입하지 않고 시장에 맡겼을 때 과연 공인인증서가 표준으로 채택되기 위해서는 어떤 조건이 필요한지를 살펴보기로 한다. 그리고 ‘공인인증서 의무화정책’ 도입이 사회후생에 미치는 영향, 그리고 ‘공인인증서 의무화정책’ 폐지로 인한 시장균형과 사회후생의 변화를 분석하기로 한다.

‘공인인증서 의무화정책’ 효과에 대한 본 연구내용과 직접 연관성이 깊은 국내 문헌을 찾기가 어려웠다. 본 연구와 관련된 외국 문헌으로는 표준화에 대한 연구가 있다. 표준화에 대한 문헌의 대부분은 표준화로 인한 시장실패의 문제를 다루고 있다. 표준화와 시장실패에 대한 초창기 연구로 Arthur(1983)를 들 수 있다. Arthur(1983)는 수확체증이 존재하는 동태모형 분석을 통해 과거 사건에 의해 시장실패가 일어나는 것을 보였다. Katz and Shapiro(1985)는 네트워크 외부성이 존재할 때, 소비자의 기대가 시장균형에 큰 영향을 준다는 것을 보였고, David(1985)는 QWERTY 자판방식의 예를 통해 우수한 기술이 있는데도 열위의 기술로 표준화가 고착되는 시장실패 문제를 제기하였다. David(1985)는 이런 시장실패의 원인으로 강한 기술의 상호 호환성(technical interrelatedness), 규모의 경제, 전환 불가능성(irreversibility)을 언급하였다. Farrell and Saloner(1985)는 불완전한 정보하에서 열위의 기술로 표준화가 고착될 수 있다는 것을 보였다. 그리고 Acemoglu *et al.*(2012)은 표준화가 성장동력이 될 수도 있지만 혁신을 방해할 수도 있음을 보였다.

기존 연구 중 본 연구와 가장 가까운 연구는 Auriol and Benaim(2000)이다. 그들은 기존의 표준화 논의를 발전시켜 정부개입이 없는 상황에서 기술표준화가 시장에서 어떻게 결정되는지 살펴보고, 어떤 상황에서 정부개입이 필요한지 조건을 도출하였다. Auriol and Benaim(2000)의 주요 결과는 시장참여자의 기술에 대한 선호도에 의해 기술표준화에 대한 시장균형과 사회후생이 결정된다는 것이다. 그들의 모형에 따르면, 시

장참여자들이 단일표준화를 크게 선호할 경우 열등 기술로 표준화가 고착될 수 있지만, 그 외의 경우는 대부분 시장에서 가장 효율적인 기술을 선택한다는 것이다. 따라서 정부개입은 시장참여자들이 단일표준화를 크게 선호하여 열등 기술로 표준화가 고착될 위험이 큰 상황에서만 정당화될 수 있다.

본 연구는 Auriol and Benaim(2000)의 모형을 기초로 그들의 결과를 ‘공인인증서정책’ 효과의 분석을 위해 확장·발전시켰다. 즉, Auriol and Benaim(2000)은 두 기술에 대한 시장참여자의 선호도가 같은 종류인 경우를 분석하였지만 본 논문에서는 시장참여자의 선호도가 다른 종류인 경우도 포함해 분석하였다.

본 연구의 주요 모형 분석 결과는 다음과 같다. 두 기술에 대해 시장참여자들의 선호도가 단일표준화 중립적이라면 단일 기술로 표준화가 일어나고 이때 사회후생도 극대화된다. 두 기술에 대해 시장참여자들의 선호도가 모두 단일표준화 중립적이 아닌 경우, 기술의 우월성이 큰 경우라면 정부개입 없이도 한 기술로 시장의 표준화가 일어나고 이때 사회후생도 극대화된다. 또 우월성이 크지 않을 경우에도 시장참여자들의 단일표준화 비선호적 경향이 크지 않다면, 단일 기술로 표준화가 일어나고 사회후생도 극대화된다. 그러나 이 경우 시장참여자들의 선호도가 모두 단일표준화 중립적인 경우와 달리 표준화는 일어나지만, 이 표준화에서 사회후생이 극대화되지 않을 가능성이 존재한다.

이런 모형 분석 결과를 바탕으로 본 논문에서는 ‘공인인증서 의무화정책’의 도입과 폐지 효과를 살펴보았다. ‘공인인증서 의무화정책 도입’에 대한 주요 결과는 다음과 같다. 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라면 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다. 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이 아닌 경우라도 두 기술의 차이가 크지 않거나, 단일표준화 비선호적 정도가 크지 않을 경우 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다. 반면, 공인인증서 기술이 대체기술보다 우월하고, 단일표준화 비선호적 정도가 크지 않을 경우에 공인인증서 의무화정책은 사회후생을 증대시킬 수 있다. 공인인증서 의무화정책은 매우 제한적 상황에서만 사회후생 증진을 가져올 수 있다.

‘공인인증서 의무화정책’ 폐지에 대한 주요 결과는 다음과 같다. 우선 시장균형을 살펴보면 공인인증서 의무화 폐지 이후 공인인증서가 계속 표준으로 기능할지 여부는 공인인증서 기술의 우월성과 시장참여자의 선호도에 달려 있다. 두 기술에 대한 선호도가 모두 단일표준화 중립적일 때, 대체기술이 공인인증서 기술보다 조금이라도 우월하다면 시장표준은 대체기술로 바뀌게 된다. 두 기술에 대한 선호도가 모두 단일표준화 중립적

이 아니라면 두 기술의 우월성 크기에 따라 시장균형이 달라진다. 두 기술의 차이가 크지 않을 경우, 두 기술은 모두 시장에서 이용되게 된다. 오직 두 기술의 차이가 클 경우에만 한 기술로 표준화되게 된다.

또 ‘공인인증서 의무화정책’ 폐지에 따른 사회후생 변화는 다음과 같다. 공인인증서 기술이 대체기술보다 우월한 경우 공인인증서 의무화정책을 폐지하여도 대부분 공인인증서 기술이 시장표준으로 기능하게 된다. 따라서 이 경우 사회후생의 변화는 없다. 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적일 때 대체기술이 조금이라도 우월하다면 공인인증서 의무화정책 폐지로 인해 사회후생이 증대한다. 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이지 않고, 대체기술의 우월성이 크다면 공인인증서정책 의무화 폐지로 인해 사회후생이 증대한다. 반대로 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이지 않지만 단일표준화 비선호도가 크지 않고 두 기술의 차이도 크지 않은 경우, 공인인증서 기술이 조금이라도 대체기술보다 우월하다면 사회후생은 감소하게 된다. 공인인증서 의무화정책의 폐지가 사회후생을 감소시키는 경우는 공인인증서 기술로 표준화되는 균형이 사회후생을 극대화하지만, 정부의 개입 없이 시장참여자의 자발적 선택만으로는 공인인증서 기술이 표준화되지 못하는 경우이다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 우선 제2장에서는 모형을 구축하고 정부가 개입하지 않았을 경우의 시장균형과 사회후생을 분석한다. 제3장에서는 공인인증서 의무화정책 도입이 사회후생에 미치는 영향과 ‘공인인증서 의무화정책’ 폐지로 인한 시장균형과 이에 따른 사회후생의 변화를 분석한다. 그리고 마지막으로 제4장에서는 연구내용을 요약하고 표준화에 대한 정부 정책방향에 대해 논의하기로 한다.

II. 모 형¹¹

1. 기본모형

기술표준화에 대한 정부 정책의 영향을 분석하기 위해 본 절에서는 Auriol and Benaim (2000)이 개발한 간단한 모형을 응용하기로 한다. 사용자 인증기술에는 두 가지 기술

¹¹ 독자의 편의를 위해 본 논문에서 사용하는 표기는 특별한 경우가 아닌 한 Auriol and Benaim(2000)의 표기를 따르기로 한다.

A 와 B 가 존재한다고 가정하자. 그리고 t 시점에서 A 와 B 기술의 시장점유율은 각각 $x_A^t (\equiv x^t)$ 와 $x_B^t (= 1 - x^t)$ 이라고 하자. 어떤 기술이 시장에서 이용되는지 여부는 각 시장참여자의 결정과 정부 정책에 의해 결정된다. 각 시장참여자의 기술 선택 결정과 정부 정책에 의해 시장에서 A 와 B 기술 중 하나의 기술로 표준화될 수도 있고, 또 두 개의 기술이 양립할 수도 있다.

각 시장참여자의 효용함수는 그 기술의 시장점유율에 의존한다. 이는 기술이 네트워크 외부성을 가지고 있다는 것을 나타낸다. 시장참여자 수는 무한하며 0과 1 사이 값인 δ 에 의해 유형이 구별된다. δ 유형 시장참여자의 효용함수는 A 기술과 B 기술에 대해 각각 $(1 - \delta) \cdot u_A(x^t)$ 와 $\delta \cdot u_B(x_B^t)$ 로 정의된다. 따라서 δ 유형의 시장참여자는 상대적으로 δ 값이 클수록 B 기술을 선호하고, 반대로 δ 값이 작을수록 A 기술을 선호하게 된다. 가정 1은 A 와 B 기술 모두 양의 네트워크 외부성을 가진다는 것을 의미한다. 이에 따라 같은 기술을 이용하는 시장참여자가 많을수록 그 기술에 대한 효용이 커지게 된다.

가정 1. 모든 $x_k^t (x_k^t \geq 0 ; k = A, B)$ 에 대해 $u_k(0) = 0$ 과 $u_k'(x_k^t) > 0$ 이다.

모든 t 시점에서 각 시장참여자는 자신에게 더 큰 효용을 가져다주는 기술을 선호한다. 따라서 시장점유율 x^t 가 주어져 있을 때, 모든 시장참여자는 A 와 B 기술 중 자신에게 더 높은 효용을 주는 기술을 하나 선택하여 이용하게 된다. 즉, 다음의 관계가 성립한다.

$$(A, x^t) \gg_{\delta} (B, x_B^t) \Leftrightarrow (1 - \delta)u_A(x^t) \geq \delta u_B(x_B^t) \quad (1)$$

2. 기본모형의 동태화

기본모형을 통해 시장참여자 개개인의 연속적 선택이 어떻게 A 와 B 기술의 궁극적인 균형 시장점유율을 결정하는지 살펴보도록 하자. t 는 기술 선택이 역사적으로 t 번째 일어난 것을 의미한다. 따라서 $t (t = 1, 2, \dots)$ 로 표현되는 시간의 흐름은 비연속적이며 무한하고, 매 시점은 시장참여자 개개인이 기술을 선택하는 시점을 나타낸다. 매 시점마다 δ 유형의 개인이 시장에 참여하여 기술을 선택하는데, 매 시점에서 기술을 선택하는 시장참여자의 유형 δ 는 확률분포함수 $f(\cdot)$ 에 따른다. 시장참여자는 각 기술의 시장점유율과 δ 로 대변되는 본인의 유형에 따라 본인 효용을 극대화하는 기술을 A 또

는 B 중에서 선택한다.

δ_L^t 을 t 시점의 한계 시장참여자 유형이라고 정의하자. 여기서 한계 시장참여자는 A 기술과 B 기술에 대한 선호도가 같은 사람을 말한다. 즉, δ_M^t 는 식 (1)에 의해, A 기술의 시장점유율 x^t 가 주어지 있을 때 $(1 - \delta_L^t)u_A(x^t) = \delta_L^t u_B(x_B^t)$ 를 만족하는 값이다. 이에 따라 식 (2)를 얻을 수 있다.

$$\delta_L^t(x^t) = \frac{u_A(x^t)}{u_A(x^t) + u_B(x_B^t)} \quad (2)$$

가정 1에 의해 $u_k(\cdot)$ ($k = A, B$)는 단조증가함수이다. 따라서 $t+1$ 시점에서 기술을 선택하는 δ 유형인 시장참여자는 만약 $\delta \leq \delta_L^t$ 이면 A 기술을 선택하고, 그렇지 않은 경우 B 기술을 선택한다.¹² 따라서 매 시점에서 시장참여자의 선택은 δ 유형에 따라 비확률적으로 결정된다. 그러나 매 시점에서 어떤 유형의 시장참여자가 기술을 선택할지 여부는 δ 의 확률분포함수 $f(\cdot)$ 에 의해 결정되게 된다. A 기술의 시장점유율 x_A^t 가 주어지 있을 때, 식 (2)에 의해 $t+1$ 시점에 기술을 선택할 시장참여자가 A 기술을 선택할 확률 P_A^t 와 B 기술을 선택할 확률 P_B^t 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_A^t &\equiv P_A(x_A^t, x_B^t) = P_A(x^t) = \text{Prob}(\delta \leq \delta_L^t), \\ P_B^t &\equiv P_B(x_A^t, x_B^t) = P_B(x^t) = \text{Prob}(\delta > \delta_L^t) = 1 - P_A^t \end{aligned} \quad (3)$$

$F(\cdot)$ 를 $f(\cdot)$ 의 확률밀도함수라 하면, 식 (2)에 의해 다음 관계를 얻는다.

$$P_A^t = P_A(x^t) = F\left(\frac{u_A(x^t)}{u_A(x^t) + u_B(1-x^t)}\right) = F\left(\frac{u_A(x^t)}{u_A(x^t) + u_B(x_B^t)}\right) \quad (4)$$

가정 1에 의해, x^t 가 증가할 때 식 (4)의 분자가 분모보다 더 빨리 증가하고, x_B^t 가 증가할 때(즉, x^t 가 감소할 때) 식 (4)의 분자가 분모보다 더 빨리 감소한다. 따라서 $P_A(x^t)$ 는 x^t 의 증가함수이고 x_B^t 의 감소함수이다.

N_k^0 ($N_k^0 \geq 1$)는 초기 시점에서 k 기술($k = A$ 또는 B)을 이미 선택한 시장참여자의 수를 나타낸다. N_k^t 는 t 시점에서 k 기술을 선택한 시장참여자의 총수를 나타낸다. 또한

¹² 즉, 시장참여자는 향후 기술이 어떻게 발전할지는 고려하지 않고, 현재 상황만을 고려한 근시안적 선택을 한다고 가정한다. 이 가정으로 인해 시장참여자의 기술 선택은 향후 어떤 기술이 선택될지에 대한 확률에 의존하지 않고, 비확률적으로 결정되게 된다.

N^t 는 t 시점까지 표준이 선택된 총수를 나타낸다. 따라서 다음의 관계가 성립한다.

$$N^t = N_A^0 + N_B^0 + t \quad (5)$$

t 시점에서 k 기술의 시장점유율은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$x_k^t = N_k^t / N^t \quad (6)$$

이에 따라 모든 k 기술에 대해 시장점유율은 다음과 같이 변화되어 간다.

$$x_k^{t+1} = \begin{cases} \frac{N_k^t + 1}{N^t + 1} & (P_k^t \text{의 확률로}) \\ \frac{N_k^t}{N^t + 1} & (1 - P_k^t \text{의 확률로}) \end{cases} \quad (7)$$

식 (7)을 좀 더 간단히 표현하기 위해 α^t 를 다음과 같이 정의하자.

$$\alpha^t \equiv \frac{1}{N^t + 1}$$

즉, α^t 는 $t+1$ 시점까지 기술이 선택된 총수의 역수이다. α^t 의 정의를 통해 식 (7)을 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$x_k^{t+1} = \begin{cases} (1 - \alpha^t)x_k^t + \alpha^t & (P_k^t \text{ 확률로}) \\ (1 - \alpha^t)x_k^t & (1 - P_k^t \text{ 확률로}) \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)에 따라 모든 k 에 대해 t 시점에서의 시장점유율 x_k^t 가 주어질 때, $t+1$ 시점의 시장점유율 x_k^{t+1} 에 대한 기댓값을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E(x_k^{t+1} | x_k^t) = x_k^t + \alpha^t (P_k^t - x_k^t) \quad (9)$$

3. 균형 및 사회후생 분석

식 (9)에 따라 k 기술의 시장점유율 x_k^t 는 $t+1$ 기의 시장참여자에 의해 k 기술이 선택 될 확률 P_k^t 보다 작으면 상승하고, 그 반대의 경우는 하락하게 된다. 따라서 직관적으로 볼 때, 시장점유율 x_k^t 와 P_k^t 가 같을 경우 시장점유율은 균형에 있을 것으로 생각된다.

Hill *et al.*(1980)에 의해 이 직관은 옳다고 증명되었다.¹³ 이에 따라 식 (8)의 동태적 확률과정(stochastic process)은 다음과 같은 동태적 비확률과정(deterministic dynamic process)인 식 (10)으로 수렴하게 된다.

$$\dot{x}_k = P_k(x_A, x_B) - x_k \quad k = A, B \quad (10)$$

여기서 \dot{x}_k 는 시장점유율 x_k 의 시간에 대한 일차차분을 의미한다.

식 (9)가 식 (10)에 수렴하게 되므로 균형 시장점유율 x_k^* 은 x_k^t 와 P_k^t 가 같을 경우 존재하게 된다. 그러나 현재 시장점유율 x_k^t 가 균형 시장점유율 x_k^* 근처에 있더라도 만약 k 기술이 채택될 확률 P_k^t 가 x_k^t 보다 크면 시간이 갈수록 k 표준이 채택되는 경우가 많아져 시장점유율 x_k^{t+n} 가 증가하게 되며, 이는 다시 P_k^{t+n} 을 증가시키게 된다. 이때 시간에 따른 P_k^t 의 변화가 x_k^t 변화보다 크다면 x_k^t 는 균형에서 벗어나게 된다. 이 경우 현재 시장점유율 x_k^t 가 균형 시장점유율 x_k^* 근처에 있더라도 x_k^* 에 수렴할 수 없게 되어 x_k^* 은 불안정적 균형이 된다. 이런 불안정적 균형 시장점유율 x_k^* 은 본 모형의 균형이 되지 못한다. 따라서 본 모형의 균형 시장점유율 x_k^* 은 x_k^* 와 P_k^* 가 같고, 시간에 따른 P_k^t 의 변화가 x_k^t 변화보다 작은 안정적 균형이다.

만약 식 (10)에서 주어진 동태적 비확률적 체계가 하나의 안정적 고정점(fixed point)을 가진다면, 이 체계의 안정적 균형은 하나이다. 이때 균형 시장점유율 x_k^* 은 예측 가능하며, 시장점유율은 초기조건 N_A^0 와 N_C^0 의 값에 관계없이 이 균형에 수렴하게 된다. 반대로 이 체계가 여러 개의 안정적 균형을 가지면, 균형은 예측 가능하지 않고, 초기조건 N_A^0 와 N_C^0 의 값에 의존하게 된다.

위의 논의에 따라 본 모형의 균형 시장점유율 x_k^* 은 $P_A^*(x^*, 1-x^*) = x^*$ 를 만족시킨다. 따라서 식 (4)에 의해 x_k^* 은 다음 식을 만족시킨다.

$$x^* = F\left(\frac{u_A(x^*)}{u_A(x^*) + u_B(1-x^*)}\right) \quad (11)$$

가정 1에 의해 시장이 A 기술로 단일표준화되는 조건인 $x^* = 1 = P_A^*(1, 0)$ 와 B 기술로 단일표준화되는 조건인 $x^* = 0 = P_A^*(0, 1)$ 은 항상 식 (11)을 만족한다. 또한 u_A , u_B , F 에 따라 시장균형이 단일표준화가 아니라 두 개의 기술이 양립하는 경우도 가능

¹³ Auriol and Benaim(2000)의 Theorem 1과 관련 논의를 참고하라.

하다.

추가 분석을 위해 다음의 가정을 하도록 한다.

가정 2. δ 는 $[0,1]$ 구간에서 연속균등분포를 따른다.

가정 2에 따라 식 (11)은 다음과 같이 변화된다.

$$(1 - x^*)u_A(x^*) = x^*u_B(1 - x^*) \quad (12)$$

u_A 와 u_B 는 시장참여자의 기술에 대한 효용도를 나타낸다. 따라서 식 (12)를 바탕으로 시장참여자의 기술에 대한 효용도가 시장균형에 어떤 영향을 미치는지 분석할 수 있다. 이를 위해 Auriol and Benaïm(2000)에 따라 다음과 같은 정의를 한다.

정의.

- (i) 만약 $\forall \mu \in (0,1)$ 에 대해 $\mu u_k(1) + (1 - \mu)u_k(0) > u_k(\mu)$ 이 성립하면, u_k 는 단일표준화 선호적이다.
- (ii) 만약 $\forall \mu \in (0,1)$ 에 대해 $\mu u_k(1) + (1 - \mu)u_k(0) = u_k(\mu)$ 이 성립하면, u_k 는 단일표준화 중립적이다.
- (iii) 만약 $\forall \mu \in (0,1)$ 에 대해 $\mu u_k(1) + (1 - \mu)u_k(0) < u_k(\mu)$ 이 성립하면, u_k 는 단일표준화 비선호적이다.

위의 정의에 따라 u_k 가 강볼록함수이면 단일표준화 선호적이고, 선형함수이면 단일표준화 중립적, 그리고 강오목함수이면 단일표준화 비선호적이다. 단일표준화에 대한 시장참여자의 선호도에 대한 이해를 돕기 위해 Auriol and Benaïm(2000)에 따라 다음 두 가지 상황을 고려하자.

(상황 I) 확률 μ 로 모든 사람이 A기술을, 확률 $1 - \mu$ 로 모든 사람이 B기술을 이용하고 있다.

(상황 II) μ 퍼센트의 사람이 A기술을, $1 - \mu$ 퍼센트의 사람이 B기술을 이용하고 있다.

즉, 상황 I은 시장이 A 또는 B 기술로 단일표준화되어 있는 상황이고, 상황 II는 시

장이 단일표준화가 되어 있지 않고 A 와 B 기술이 모두 이용되고 있는 상황이다. u_k 가 단일표준화 선호적이면 상황 I을 상황 II보다 더 선호하고, 단일표준화 비선호적이면 상황 I보다 상황 II를 더 선호한다. u_k 가 단일표준화 중립적이면 두 상황에 대해 무차별적이다.

시장참여자의 기술에 대한 선호도는 기술의 특성에 기인할 것이다. 단일표준화는 시장참여자기리 다양성에 대한 선호를 포기하고 선호의 조화를 이루는 것이다. 따라서 어떤 기술에 대한 양의 네트워크 외부성이 매우 크다면, 사람들은 다양한 기술이 이용되어 네트워크 효과가 크게 발휘되지 못하는 상황보다는 다양성을 포기하고 이 기술로 단일표준화를 이룬 상황을 선호할 것이다. 이 경우 이 기술에 대한 선호도가 단일표준화 선호적이라 할 수 있다. 소방호수 규격과 교통신호체계 등 특히 안전과 관련된 기술에 대해 시장참여자들이 단일표준화 선호적일 가능성이 높다.

반대로 어떤 기술의 경우 이 기술의 단일표준화에 대한 양의 네트워크 외부성이 크지 않고 이 기술 사용자의 증가에 따른 양의 한계효용이 점점 감소할 수 있다. 이 경우, 시장참여자의 다양성 포기에 대한 기회비용이 단일표준화에 대한 편익보다 크다면 이들은 이 기술에 대해 단일표준화 비선호적일 것이다. 컴퓨터 기술 중 IBM 호환 포맷과 맥킨토시 호환 포맷이 예가 될 것이다.¹⁴ 그리고 어떤 기술에 대해 다른 사용자의 증가에 따른 양의 한계효용이 일정하다면 이 기술에 대한 선호도는 단일표준화 중립적이다.

본 논문에서는 가정 3에 따라 한 기술에 대한 시장참여자의 선호도가 단일표준화 중립적이고, 다른 기술에 대한 시장참여자의 선호도가 단일표준화 비선호적인 경우를 포함하여 균형 시장점유율과 사회후생에 대해 분석하기로 한다.¹⁵

가정 3. u_A 와 u_B 는 단일표준화 선호적이지 아니다.

다음 조건을 고려하자.

¹⁴ Auriol and Benaim(2000), p.557의 논의를 참고하라.

¹⁵ 본 논문은 공인인증서정책 도입과 폐지 효과에 대한 분석을 목적으로 한다. 공인인증서는 사용자 인증 기술 중 하나이다. 현재 전자상거래에서 사용자 인증에 관한 다양한 기술이 이용되고 있다. 예로 한국의 공인인증서 기술 외에 전통적 ID/Password 방식, OTP(One Time Password), 전자메일을 통한 인증 등 다양한 소비자 인증기술이 시장에서 이용되고 있다. 따라서 사용자 인증기술에 대해 시장참여자들의 선호가 단일표준화 선호적은 아니라고 가정하는 것이 현실적이라 생각된다. Auriol and Benaim(2000)과 본 논문의 주요 차별성은 균형 시장점유율과 사회후생을 분석할 때, 보다 현실적으로 기술에 대한 선호도가 다른 경우도 포함하였다는 점에 있다. Auriol and Benaim(2000)은 기술에 대한 선호도가 같은 경우에 대해 균형 시장점유율과 사회후생을 분석하였다.

$$u'_A(0) \geq u_B(1) \text{ and } u'_B(0) \geq u_A(1) \quad (C1)$$

$$u'_B(0) < u_A(1) \quad (C2)$$

$$u'_A(0) < u_B(1) \quad (C3)$$

(C2)는 시장이 A기술로 표준화된 상태에서 $u_A(1)$ 의 값이 B기술이 전혀 이용되지 않는 상황에서 B기술 사용으로 인한 한계효용보다 높다는 조건이다. (C3)도 비슷하게 시장이 B기술로 표준화된 상태에서의 $u_B(1)$ 이 A기술이 전혀 이용되지 않는 상황에서 A기술 사용으로 인한 한계효용보다 높다는 조건이다. 이 조건을 이용하여 명제 1은 A와 B 기술에 대한 시장균형이 어떻게 결정되는지를 서술하고 있다.

명제(Proposition) 1.¹⁶ 모든 $k(k = A, B)$ 에 대해 효용함수 u_k 가 단일표준화 중립적이거나 단일표준화 비선호적인 경우 다음 조건에 따라 시장균형이 결정된다.

- (i) 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라고 가정하자. 시장의 기술표준은 두 효용함수가 (C2)를 만족할 경우 A기술로, (C3)를 만족할 경우 B기술로 결정된다. 두 효용함수가 (C1)을 만족할 경우 두 효용함수는 동일하며 A와 B 기술 모두 표준화 대상이 될 수 있다.
- (ii) 1) 두 효용함수가 모두 단일표준화 비선호적이거나, 혹은 2) 하나는 단일표준화 중립적이고 다른 하나는 단일표준화 비선호적이라고 가정하자. 이 경우 두 효용함수가 (C2)를 만족할 경우 A기술로, (C3)를 만족할 경우 B기술로 시장표준이 결정된다. 두 효용함수가 (C1)을 만족할 경우 두 기술 모두 시장에서 공존하며, 시장점유율은 초기조건에 의해 결정된다. (끝)

명제 1은 만약 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라면 두 효용함수가 동일한 경우를 제외하면 두 기술 중 하나의 기술로 반드시 표준화가 일어난다는 것을 보여준다. 명제 1에 따라 정부개입 없이 시장참여자의 자발적 선택에 의해 시장에서 하나의 기술이 표준으로 채택될 충분조건이 도출된다. 시장참여자의 각 기술에 대한 선호도에 관계없이 (C2)와 (C3)는 각각 A와 B 기술이 표준으로 채택되어 다른 기술이 시장에서 이용되지 않을 충분조건이다. 즉, 기술이 (C2) 또는 (C3)를 만족할 정도로 다른 기술에 비해 우월하다면, 정부개입 없이도 이 기술로 시장에서 표준화가 일어난다. (C1)은 두 기

¹⁶ 증명은 〈부록 A〉를 참조하라.

술의 우월도가 크지 않다는 것을 나타낸다. 두 효용함수가 모두 선형함수이고 (C1)인 경우, 두 효용함수는 동일하기 때문에 두 기술 A 와 B 는 완전대체가 된다.¹⁷

다음으로 사회후생의 관점에서 시장균형을 분석하도록 하자. 이를 위해 우선 사회후생을 최적화하는 시장점유율을 구하고, 이것을 시장균형과 비교해 보도록 한다. 사회후생에 영향을 미치는 모든 시장참여자의 비중이 동일하다고 할 때, 주어진 시장점유율에 대해 사회후생을 다음과 같이 정의한다.

$$W(x_A, x_B) \equiv \int_0^{\delta_L} (1-\delta)u_A(x_A) d\delta + \int_{\delta_L}^1 \delta u_B(x_B) d\delta$$

$x_A = x$ 로 정의했고, $x_B = 1-x$ 이므로, 사회후생함수는 다음과 같이 변화된다.

$$W(x) \equiv W(x, 1-x) = \int_0^{\delta_L} (1-\delta)u_A(x) d\delta + \int_{\delta_L}^1 \delta u_B(1-x) d\delta \quad (13)$$

또한 다음 조건을 고려하자.

$$u_A''u_A - u_B''u_B \leq (u_A'P_B + u_B'P_A)^2 \quad (C4)$$

$$u_B'(0) < u_A'(1) \quad (C2+)$$

$$u_A'(0) < u_B'(1) \quad (C3+)$$

(C4)는 단일표준화 비선호도가 강하지 않아 효용함수 u_k 의 오목성이 그리 강하지 않다는 조건이고, (C2+)와 (C3+)는 각각 A 와 B 기술의 압도적 우월성을 나타내는 조건이다. 즉, (C2+)는 시장에서 A 기술만이 이용되는 상황에서도 A 기술이 주는 한계효용이 전혀 이용되지 않고 있는 B 기술의 한계효용을 능가한다는 조건이다. 마찬가지로 (C3+)는 시장에서 B 기술만이 이용되는 상황에서도 B 기술이 주는 한계효용이 전혀 이용되지 않고 있는 A 기술의 한계효용을 능가한다는 조건이다. (C2+)와 (C3+)는 각각 (C2)와 (C3)보다 더 강한 조건이다. 즉, (C2+)와 (C3+)는 각각 (C2)와 (C3)의 충분조건이지만 필요조건은 아니다. 이 조건들을 바탕으로 명제 2를 얻을 수 있다.¹⁸

¹⁷ 명제 1에 기술된 두 효용함수가 모두 표준화 중립적인 경우의 분석은 Auriol and Benaim(2000)의 명제 1의 조건과 다르다. 그러나 두 효용함수가 모두 표준화 중립적인 경우 본 논문의 조건 (C1), (C2), (C3)는 각각 Auriol and Benaim(2000)의 (AN1), (AN2), (AN3)와 동일하다.

¹⁸ (C4), (C2+), (C3+)는 각각 Auriol and Benaim(2000)의 (T4), (T2+), (T3+)와 동일하다.

명제 2.¹⁹ 모든 $k(k = A, B)$ 에 대해 효용함수 u_k 가 표준화 중립적이거나 표준화 비선호적인 경우 다음 조건에 따라 시장균형에 따른 사회후생이 결정된다.

- (i) 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라고 가정하자. 이 경우 정부개입 없이도 시장에서 결정되는 표준이 사회후생을 최적화한다.
- (ii) 1) 두 효용함수가 모두 단일표준화 비선호적이거나, 혹은 2) 하나는 단일표준화 중립적이고 다른 하나는 단일표준화 비선호적이라고 가정하자. 두 효용함수가 (C2+) 혹은 (C3+)를 만족하면, 정부개입 없이도 시장에서 표준화는 각각 A기술과 B기술로 결정되며, 시장에서 결정되는 표준이 사회후생을 극대화한다. 두 효용함수가 (C4)만 만족하는 경우 동시에 (C2) 혹은 (C3)를 만족한다면, 시장에서 표준화로 균형이 결정되며, 이는 사회후생을 극대화한다. (끝)

명제 2에 따라 두 기술에 대한 시장참여자들의 선호도가 단일표준화 중립적이라면 시장에서 한 기술로 고착되는 표준화가 일어난다. 그리고 이 표준화는 사회후생을 극대화한다. 따라서 이 경우에는 정부가 시장에 개입할 필요가 전혀 없다. 두 기술에 대해 시장참여자들의 선호도가 모두 단일표준화 중립적이 아닌 경우, (C2+) 혹은 (C3+)를 만족하여 기술의 우월성이 큰 경우라면 시장참여자들의 선호도가 단일표준화 중립적인 경우와 마찬가지로 시장에서 하나의 기술로 표준화가 일어나며, 이 균형에서 사회후생은 극대화된다. 따라서 이 경우에도 정부가 시장에 개입할 필요가 없다. 또한 두 기술에 대해 시장참여자들의 선호도가 모두 단일표준화 중립적이 아니지만, 효용함수의 오목성이 크지 않아 (C4)를 만족하는 경우, 동시에 (C2) 혹은 (C3)를 만족한다면 정부개입 없이 시장에서 사회후생을 극대화하는 기술이 선택되고 표준화된다.

명제 2에 따라 (C2+)와 (C3+)는 시장균형이 하나의 기술로 표준화되고, 또 이때 사회후생이 최적화되는 충분조건이다. 가정 1에 의해 (C2+)와 (C3+)는 각각 (C2)와 (C3)의 충분조건이다. 따라서 시장참여자들이 단일표준화 중립적이 아닐 경우, 시장에서 표준화는 일어나도 그 표준화가 사회후생을 최적화하지 않을 수 있다.²⁰ 시장균형에서 두 기술이 공존하는 경우, 이 균형이 사회후생을 최적화하는 경우도 가능하다. 반면, 시장균형에서 두 기술이 공존하더라도 정부정책으로 하나의 기술로 표준화하는 것이 사회후

¹⁹ 증명은 〈부록 B〉를 참조하라.

²⁰ (C2)를 만족하지만 (C2+)와 (C4)를 만족하지 못하거나, (C3)를 만족하지만 (C3+)와 (C4)를 만족하지 못할 경우 표준화는 일어나지만, 이 표준화에서 사회후생이 극대화되지 않을 가능성이 존재한다.

생을 최적화할 수도 있다.²¹ 두 효용함수의 오목성이 심해 (C4)를 만족하지 못할 경우, 시장에서 결정되는 균형이 사회후생을 최적화하지 못할 수 있다. 그러나 이때 정부개입으로 인해 표준화를 강제하는 것이 사회후생을 더 악화시킬 수도 있다.

Ⅲ. 공인인증서정책 효과 분석

1. 공인인증서정책 도입효과

본 절에서는 앞 장의 균형과 사회후생 분석을 근거로 하여 공인인증서정책 도입이 사회후생에 미치는 효과를 분석하기로 한다. 공인인증서 사용을 의무화함에 따라 모든 시장참여자는 사용자 인증기술로 공인인증서를 사용하여야 한다. 따라서 다른 잠재적 표준이 될 수 있는 대체기술은 사용될 수 없다.²² 제Ⅱ장의 모형에 따르면 공인인증서를 포함한 기술이 사회후생에 미치는 효과는 시장참여자의 기술에 대한 선호도에 크게 영향을 받고, 또한 초기 시장점유율의 영향을 받기도 한다. 즉, 기술의 균형 시장점유율이 유일하지 않은 경우, 초기 시장점유율에 따라 균형 시장점유율과 사회후생 수준이 결정된다. 일반적으로 공인인증서를 사용자 인증기술로 의무화한 정책은 조건에 따라 사회후생을 증대시키거나 감소시킬 수도 있고, 또 사회후생에 아무 영향을 주지 않을 수도 있다. 명제 3은 공인인증서정책이 사회후생을 증대시키지 못하는 조건을 나타내고 있다.

명제 3.²³ 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라면 공인인증서정책은 시장균형

²¹ Auriol and Benaim(2000)의 〈부록 C〉는 두 효용함수가 모두 오목함수일 경우, 두 기술이 공존하는 경우가 한 기술로 표준화되는 경우보다 사회후생을 최적화하는 예를 보여주고 있다. 반대로 〈부록 D〉는 두 효용함수가 모두 오목함수일 경우, 시장에서는 두 기술이 공존하는 균형으로 가지만, 이 균형보다는 한 기술로 표준화되는 균형이 사회후생을 최적화하는 예를 보여주고 있다. 또 그 반대의 경우, 즉 두 효용함수가 모두 오목함수일 경우, 시장에서는 표준화의 균형으로 가지만, 이 균형보다는 두 기술이 공존하는 균형이 사회후생을 최적화하는 예를 같은 부록에서 보여주고 있다.

²² 공인인증서정책이 다른 인증기술의 사용을 금하는 것은 아니다. 실제로 한국에서도 공인인증서와 동시에 휴대폰 인증 등 다른 사용자 인증기술이 같이 이용되고 있다. 그러나 본 논문에서는 표준화의 잠재력이 있는 가상적 기술을 상정하여, 이 기술과 공인인증서가 표준화 경쟁을 하는 상황을 분석하고 있다. 분석의 단순화를 위해 모든 시장참여자는 하나의 기술을 선택하는 것으로 가정되었기 때문에 공인인증서정책으로 인해 다른 기술을 선택하는 시장참여자는 존재하지 않게 된다.

²³ 증명은 〈부록 C〉를 참조하라.

보다 사회후생을 증대시키지 못한다. 두 효용함수가 1) 모두 단일표준화 비선호적이거나, 또는 2) 하나는 단일표준화 중립적이고 다른 하나는 단일표준화 비선호적일 경우, 공인인증서정책은 다음 조건일 때 사회후생을 증대시키지 못한다.

- (i) (C2+) 혹은 (C3+)를 만족하는 경우 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다.
- (ii) (C4)만 만족하지만 동시에 (C2) 혹은 (C3)를 만족한다면, 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다. (끝)

명제 3에 의해 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라면 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다는 것을 알 수 있다. 또 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이지 않은 경우라도, 두 기술의 차이가 크지 않거나 단일표준화 비선호적 정도가 크지 않을 경우 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다. 이런 경우 공인인증서정책은 불필요한 정책이 된다.

다음 명제 4에서 공인인증서정책이 사회후생을 증대시킬 수 있는 조건을 구해 보자. 명제 3에 의해 두 효용함수가 모두 표준화 중립적이라면 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다. 오직 두 효용함수가 모두 표준화 비선호적이거나 또는 하나는 표준화 중립적이고 다른 하나는 표준화 비선호적일 경우 공인인증서정책이 사회후생을 증대시킬 조건이 존재하게 된다.

명제 4.²⁴ 공인인증서를 A 기술로 가정하자. 그리고 1) 두 효용함수가 모두 단일표준화 비선호적이거나, 또는 2) 하나는 단일표준화 중립적이고 다른 하나는 단일표준화 비선호적이라고 가정하자. 두 효용함수가 (C2)를 만족하지 못하지만 (C4)를 만족하고, $u_A(1) > u_B(1)$ 이라면 공인인증서정책은 사회후생을 증대시킨다. (끝)

명제 4에 따라 공인인증서 기술이 대체기술보다 우월하고($u_A(1) > u_B(1)$), 단일표준화 비선호적 정도가 크지 않아 (C4)를 만족하는 경우 공인인증서정책은 사회후생을 증대시킬 수 있다. 공인인증서정책이 사회후생을 증가시키는 경우는 시장에서 선택된 균형이 공인인증서 기술로 표준화된 경우보다 사회후생이 작을 때이다.²⁵ 따라서 이런

²⁴ 증명은 <부록 D>를 참조하라.

²⁵ 만약 두 효용함수가 (C2)를 만족하면 공인인증서가 시장균형에서도 표준화가 되므로 공인인증서정책이 없더라도 시장에서 공인인증서가 표준으로 이용되게 된다. Auriol and Benaim(2000)의 <부록 D>는

경우 시장에서는 공인인증서 기술로 표준화가 일어나지 않기 때문에 공인인증서를 강제하는 정책이 사회후생의 증가를 가져오게 된다.

명제 4를 통해 공인인증서정책은 매우 제한적 상황에서만 사회후생 증진을 가져올 수 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 시장참여자의 기술에 대한 선호도가 단일표준화 중립적인 경우, 공인인증서정책은 결코 사회후생의 증대를 가져오지 못한다. 시장참여자의 기술에 대한 선호도가 단일표준화 중립적이 아닌 경우도 단일표준화 비선호적 정도가 크지 않고, $u_B(1) < u_A(1) \leq u'_B(0)$ 의 조건을 만족해야 공인인증서정책이 사회후생의 증가를 가져오게 된다.

2. 공인인증서정책 폐지효과

마지막으로 본 절에서는 공인인증서 의무화정책 폐지가 시장균형과 사회후생에 주는 효과를 보기로 한다. 우선 공인인증서정책 폐지가 시장균형에 주는 효과를 살펴보기로 한다. 이 정책의 폐지에 따른 시장균형의 변화는 공인인증서 기술로 표준화된 상황이 정부개입 없이 도달할 수 있는 시장균형인지의 여부에 달려 있다. 만약 공인인증서 기술표준화 상태가 안정된 시장균형일 경우 공인인증서정책의 폐지는 시장균형에 아무런 결과를 가져올 수 없다. 그러나 공인인증서 기술표준화 상태가 시장균형이 아니거나 또는 불안정한 균형일 경우, 이 정책의 폐지로 인해 기술의 시장점유율은 새로운 균형으로 가게 된다.

명제 5. 공인인증서를 (B 기술과 다른) A 기술로 가정하자. 그리고 1) 두 효용함수가 모두 단일표준화 비선호적이거나, 또는 2) 하나는 단일표준화 중립적이고 다른 하나는 단일표준화 비선호적이라고 가정하자. 두 다른 효용함수가 ($C2$)를 만족할 경우 공인인증서 기술이 계속 표준으로 이용되며, ($C3$)를 만족할 경우 B 기술로 시장표준이 바뀐다. 그 외의 경우 시장균형은 두 기술 모두 공존하는 균형으로 바뀐다. (끝)

명제 5는 명제 1의 직접적 결과이다. 명제 1에서 살펴보았듯, 시장표준은 두 효용함수가 ($C2$)를 만족할 경우 A 기술로, ($C3$)를 만족할 경우 B 기술로 결정된다. 또한 그 외의 경우($C1$)을 만족할 경우) 두 기술 모두 시장에서 공존하게 된다. 다음은 공인인증서정

두 효용함수가 모두 오목함수일 경우, 시장에서는 두 표준이 공존하는 균형으로 가지만, 이 균형보다는 표준화의 균형이 사회후생을 최적화하는 예를 보여주고 있다.

책 폐지가 사회후생에 미치는 영향을 살펴보기로 한다.

명제 5에 따라 공인인증서 폐지 이후 공인인증서가 계속 표준으로 기능할지 여부는 공인인증서 기술의 우월성과 시장참여자의 선호도에 달려 있다. 두 기술에 대한 선호도가 모두 단일표준화 중립적이면, 대체기술이 공인인증서 기술보다 조금이라도 우월한 경우 시장표준은 대체기술로 바뀌게 된다. 두 기술에 대한 선호도가 모두 단일표준화 중립적이 아니라면 두 기술의 우월성 크기에 따라 시장균형이 달라진다. 두 기술의 차이가 크지 않을 경우, 두 기술은 모두 시장에서 이용되게 된다. 오직 두 기술의 차이가 클 경우에만 한 기술로 표준화되게 된다.

명제 6.²⁶ 공인인증서를 A 기술로 가정하자. 모든 k ($k = A, B$)에 대해 효용함수 u_k 가 단일표준화 중립적이거나 단일표준화 비선호적인 경우 다음 조건에 따라 사회후생 변화가 결정된다.

- (i) 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라고 가정하자. 이 경우 두 효용함수가 (C1)과 (C2)를 만족할 경우, 공인인증서정책 폐지로 인한 사회후생의 변화는 없다. (C3)를 만족할 경우 공인인증서정책 폐지로 인해 사회후생이 증대한다.
- (ii) 1) 두 효용함수가 모두 단일표준화 비선호적이거나, 또는 2) 하나는 단일표준화 중립적이고 다른 하나는 단일표준화 비선호적이라고 가정하자. (C2)를 만족할 경우, 공인인증서정책 폐지로 인한 사회후생의 변화는 없다. (C3+)를 만족하는 경우, 공인인증서정책 폐지로 인해 사회후생은 증가한다. 두 효용함수가 $u_A(1) > u_B(1)$ 이고, (C1)과 (C4)를 동시에 만족하면 공인인증서정책 폐지는 사회후생을 감소시킨다.²⁷ (끝)

공인인증서 기술이 대체기술보다 우월한 경우 공인인증서정책을 폐지하여도 대부분 공인인증서 기술이 시장표준으로 기능하게 된다. 따라서 이 경우 사회후생의 변화는 없다. 명제 6에 따라 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적일 때 대체기술이 조금이라도 우월하다면 공인인증서정책 폐지로 인해 사회후생이 증대한다. 두 효용함수가 모두 단

²⁶ 증명은 〈부록 E〉를 참조하라.

²⁷ 그 외의 경우에 대해서는 공인인증서정책 폐지로 인한 사회후생 변화는 두 효용함수의 특정한 형태에 의해 결정되고 사전적으로 알 수는 없다. 예를 들면 (C3)를 만족하지만 (C3+)를 만족하지 못하는 경우, 또 (C1)을 만족하지만 (C4)를 동시에 만족하면서 $u_A(1) \leq u_B(1)$ 인 경우 공인인증서정책 폐지로 인한 사회후생 변화를 추가적 정보 없이 알 수 없다.

일표준화 중립적은 아니고, 대체기술의 우월성이 크다면 공인인증서정책 폐지로 인해 사회후생이 증대한다. 반대로 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적은 아니지만 단일표준화 비선호도가 크지 않고 두 기술의 차이도 크지 않은 경우, 공인인증서 기술이 조금이라도 대체기술보다 우월하다면 사회후생은 감소하게 된다. 공인인증서정책의 폐지가 사회후생을 감소시키는 경우는 공인인증서 기술로 표준화되는 균형이 사회후생을 극대화하지만, 정부의 개입 없이 시장참여자의 자발적 선택만으로는 공인인증서 기술이 표준화되지 못하는 경우이다.

IV. 결 론

본 연구는 Auriol and Benaim(2000) 모형을 기초로 시장참여자의 기술에 대한 선호도에 따라 시장균형을 도출하고, 이에 따른 사회후생 최적화 여부를 살펴보았다. 그리고 이를 바탕으로 공인인증서 의무화정책의 도입과 폐지 효과를 살펴보았다. 본 논문은 시장참여자의 기술에 대한 선호도 정도와 기술 간 차이가 공인인증서 의무화정책의 도입과 폐지로 인한 시장균형과 사회후생 수준을 결정한다는 것을 보였다. 효용함수의 단일표준화 비선호적 정도가 크지 않을 경우 공인인증서를 의무화한 정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다. 반면, 공인인증서 기술이 대체기술보다 우월하고, 단일표준화 비선호적 정도가 크지 않을 경우에 공인인증서 의무화정책은 사회후생을 증대시킬 수 있다. 또 공인인증서 기술이 대체기술보다 우월한 경우 공인인증서 의무화정책을 폐지하여도 대부분 공인인증서 기술이 시장표준으로 기능하게 된다. 그러나 대체기술의 우월성이 크다면 공인인증서 의무화정책 폐지로 인해 사회후생이 증대한다. 공인인증서 의무화정책의 폐지가 사회후생을 감소시키는 경우는 공인인증서 기술로 표준화되는 균형이 사회후생을 극대화하지만, 정부의 개입 없이 시장참여자의 자발적 선택만으로는 공인인증서 기술이 표준화되지 못하는 경우이다.

본 연구는 표준화에 대한 정부정책에 대해 정책적 함의를 가진다. 표준화에 대한 시장실패 여부는 시장참여자의 선호도와 표준화를 위해 경쟁하는 기술 간의 차이에 의해 결정된다. 그리고 표준화에 대한 시장실패는 극히 예외적인 경우로 한정된다. 본 연구에서 살펴보았듯이 시장참여자의 선호도가 단일표준화 선호적이 아닌 경우 대부분의 경

우 정부의 개입 없이도 시장에서 항상 우수한 기술이 표준으로 선택된다. 그리고 이 표준은 사회후생을 극대화한다. 물론 시장의 선택이 사회후생을 극대화하지 않는 경우도 존재한다. David(1985)가 언급한 강한 기술의 상호 호환성(technical interrelatedness), 규모의 경제, 전환 불가능성(irreversibility), 그리고 Farrell and Saloner(1985)의 불완전한 정보는 이런 시장실패의 원인이다. 이런 시장실패의 상황에서 정부의 표준화 개입은 정당화될 수 있다.

그러나 현실적으로 정부가 시장참여자의 기술에 대한 선호도의 정보가 제한된 상황에서 사회후생을 극대화하지 못하는 시장균형을 보정할 능력이 있는지에 대해서는 회의적 시각이 존재한다. 선부른 정부의 기술표준화 개입은 도리어 정부실패로 귀결될 가능성이 높다. Acemoglu *et al.*(2012)이 지적하였듯이 표준화는 성장동력이 될 수도 있지만 혁신을 방해할 수도 있다. 표준화가 혁신에 미치는 부정적 영향을 고려해 보면, 정부의 기술표준화 개입의 비용이 매우 높을 수 있다. 정부 주도의 표준화가 사회후생을 증진시킬 수 있는 경우는 Auriol and Benaim(2000)이 보인 것처럼 안전 등이 문제가 될 때이다. 이때는 열등한 표준으로 고착될 위험이 있으므로 정부가 주도적으로 우수한 표준이 정착되도록 하여야 한다. 이를 제외하고 정부가 표준화를 주도하는 것은 많은 사회적 비용을 치를 가능성이 높다. 또한 위피의 예에서 알 수 있듯이 국제적 표준을 무시한 정부 주도의 표준화는 통상마찰을 가져올 가능성이 크다.²⁸

공인인증서는 그 자체로 지속적 기술 개발을 통해 이용자가 더욱 편리하고 안전하게 사용할 수 있도록 하여야 할 것이다. 공인인증서는 1999년 도입 시 당시의 핵심 기술인 PKI에 기반을 두고 개발되었다. 그러나 그 후 PKI뿐 아니라 지문 인식, 홍채 인식 등 신원을 확인할 수 있는 다양한 전자인증기술이 개발되고 발달하였다. 2004년 10월 「전자금융거래법」 개정을 통해 기술중립성 원칙을 수용하여, 이런 다양한 기술을 금융회사에서 자율적으로 선택하게 한 것은 바람직한 방향이라고 생각된다. 그러나 「전자서명법」에서 기술중립성 원칙이 수용된 것이 2001년이라는 점을 감안해 보면, 왜 전자금융거래에 기술중립성 원칙이 수용되는 데 14년의 세월이 필요했는지 의문이 든다.

²⁸ 위피는 2002년 무선인터넷망 플랫폼에 국가단일표준을 제도화하기 위해 정보통신부에 의해 본격적으로 추진되었다. 그러나 당시 세계적으로는 퀄컴(Qualcomm)의 BREW와 썬 마이크로시스템(Sun Microsystems)의 Java가 치열한 경쟁을 벌이고 있어 위피가 그 경쟁에서 생존할 것인지는 의문이었다. 무선인터넷 플랫폼으로 위피를 의무화하겠다는 정보통신부 계획이 공개되자, 미국 무역대표부(USTR)는 2002년 상반기부터 무선인터넷 플랫폼 국가표준이 WTO와 국제통신규범에 위배된다는 이의를 제기했고, 정부는 결국 위피 의무화를 철회하였다. 위피의 통상마찰에 대한 자세한 내용은 강하연 외(2006)를 참고하라.

참고문헌

- 강하연 외, 『통상현안 결정과정에서 IT 산업의 이해반영 메커니즘 비교연구: IT 기술 표준화 과정을 중심으로』, 연구보고 06-15, 정보통신정책연구원, 2006.
- 최재천 의원 대표발의, 「전자서명법」 전부개정안, 2013. 5.
- 행정안전부, 『국가정보화백서』, 2011.
- Acemoglu, D., Gino Gancia, and Fabrizio Zilibotti, "Competing Engines of Growth: Innovation and Standardization," *Journal of Economic Theory*, Vol. 147, No. 2, 2012, pp.570~601.
- Arthur, W. B., "On Competing Technologies and Historical Small Events: The Dynamics of Choice under Increasing Returns," International Institute for Applied System Analysis Working Paper WP-83-090, 1983.
- Auriol, E. and Michel Benaim, "Standardization in Decentralized Economies," *American Economic Review*, Vol. 90, No. 3, 2000, pp.550~570.
- Coase, R., "The Lighthouse in Economics," *Journal of Law and Economics*, Vol. 17, No. 2, 1974, pp.357~376.
- David, P., "Clio and the Economics of QWERTY," *American Economic Review*, Vol. 75, No. 2, Papers and Proceedings and the Ninety-Seventh Annual Meeting of the American Economic Association, 1985, pp.332~337.
- Hill, Bruce M., David Lane, and William Sudderth, "A Strong Law for Some Generalized Urn Process," *Annals of Probability*, Vol. 8, No. 2, 1980, pp.214~226.
- Farrell, J. and Garth Saloner, "Standardization, Compatibility, and Innovation," *Rand Journal of Economics*, Vol. 16, No. 1, 1985, pp.70~83.
- Katz, M. L. and Carl Shapiro, "Network Externalities, Competition, and Compatibility," *American Economic Review*, Vol. 75, No. 3, 1985, pp.424~440.
- Liebowitz, S. and Stephen Margolis, "The Fable of the Keys," *Journal of Law and Economics*, Vol. 30, No. 1, 1990, pp. 1~26.
- Lewin, P. (ed.), *The Economics of QWERTY: History, Theory and Policy—Essays by Stan J. Liebowitz and Stephen E. Margolis*, New York: New York University Press, 2002.

<부록 A> 명제 1의 증명

명제 1의 증명은 Auriol and Benaim(2000)의 <부록 A>에 기술된 증명과 유사하다.

1. 가능한 균형

가정 1에 의해 모서리해(corner solutions) $x = 1$ 과 $x = 0$ 는 식 (8)의 해이므로 균형이 될 수 있다. $H(x)$ 를 다음과 같이 정의하자.

$$H(x) \equiv \frac{u_A(x)}{x} - \frac{u_B(1-x)}{1-x}$$

균형이 되는 내부해(interior solutions) x 가 존재한다는 조건은 가정 2에 의해 $H(x) = 0$ 의 해가 되는 0과 1 사이의 x 가 존재($x \in (0, 1)$)한다는 조건과 동일하다. $H(x)$ 를 1차 미분하여 얻은 $H'(x)$ 는 다음과 같다.

$$H'(x) = \frac{1}{x} \left[u'_A(x) - \frac{u_A(x)}{x} \right] + \frac{1}{(1-x)} \left[u'_B(1-x) - \frac{u_B(1-x)}{1-x} \right]$$

따라서

- (i) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 선형함수여서 기술 A와 B에 대한 선호도가 모두 단일표준화 중립적이라면 $H'(x) = 0$
- (ii) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 오목함수여서 기술 A와 B에 대한 선호도가 모두 단일표준화 비선호적이라면 $H'(x) < 0$
- (iii) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 중 하나는 오목함수이고, 다른 하나는 선형함수여서 한 기술에 대한 선호도는 단일표준화 비선호적이고, 다른 기술에 대한 선호도는 단일표준화 중립적이라면 $H'(x) < 0$ 이 된다.

이에 따라

- (i) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 다른 선형함수일 경우 $H(x) \neq 0$ 이며, (가정 1)에 의해 내부해는 존재하지 않고 오직 $x^*=0$ 과 $x^*=1$ 이 가능한 균형이 된다.
- (ii) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 모두 오목함수일 경우 $H'(x) < 0$ 이므로 $H(x)$ 는 감소함수이다. 따라서 다음 두 식 (A1)과 (A2)가 모두 성립할 때 내부해가 존재한다.

$$\lim_{x \rightarrow 0} H(x) = u'_A(0) - u_B(1) \geq 0 \quad (A1)$$

$$\lim_{x \rightarrow 1} H(x) = u_A(1) - u'_B(0) \leq 0 \quad (A2)$$

- (iii) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 하나는 선형함수이고, 다른 하나는 오목함수일 경우 $H'(x) < 0$ 이므로 $H(x)$ 는 감소함수이다. 따라서 두 식 (A1)과 (A2)가 모두 성립할 때 내부해가 존재한다.

2. 안정적 균형

불안정적 균형의 경우 균형 근처에서 동태적 게임이 계속될수록 균형에서 멀어지므로 이 게임의 균형이 되지 못한다. 즉, 만약 균형 근처에서 k 기준이 채택될 확률 P_k^t 의 변화가 x_k^t 의 변화보다 크면 시간이 갈수록 k 기술이 채택되는 경우가 많아져 시장점유율 x_k^t 가 증가하게 되며, 따라서 균형에서 점차 벗어나게 된다. 오직 균형 근처에서 P_k^t 의 변화가 x_k^t 의 변화보다 작을 경우 x_k^t 는 균형으로 수렴하게 된다. 이 조건을 식으로 표현하기 위해 우선 다음 $G(x)$ 를 정의한다.

$$G(x) \equiv \frac{u_A(x)}{u_A(x) + u_B(1-x)} - x$$

가정 2에 의해 다음 관계가 성립한다.

$$G(x) \equiv F\left(\frac{u_A(x)}{u_A(x) + u_B(1-x)}\right) - x$$

따라서 $G'(x)$ 가 음의 값을 가지는 경우에 한해, 그 해는 안정적 균형이 된다.

- (i) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 다른 선형함수일 경우 내부해는 존재하지 않고 오직 $x^*=0$ 과 $x^*=1$ 이 가능한 균형이 된다. Auriol and Benaim(2000)의 부록 A에 의해

(C3)의 조건을 만족할 때 $x^*=0$ 는 안정적 균형이 되며, (C2)의 조건을 만족할 때 $x^*=1$ 은 안정적 균형이 된다. (C1)의 조건은 오직 두 선형함수가 동일 함수일 때 만족하며, 이 경우 모든 시장점유율이 균형이 된다.

(ii) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 모두 오목함수일 경우 Auriol and Benaim(2000)의 부록 A에 의해 (C3)의 조건을 만족할 때 $x^*=0$ 는 안정적 균형이 되며, (C2)의 조건을 만족할 때 $x^*=1$ 은 안정적 균형이 된다. (C1)의 조건이 만족될 때, $H(x)=0$ 을 만족하는 내부해가 존재하며, 이 또한 안정적 균형이 된다.

(iii) $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 하나는 선형함수이고, 다른 하나는 오목함수일 경우, $u_A(\cdot)$ 와 $u_B(\cdot)$ 가 모두 오목함수일 경우와 마찬가지로 $H'(x) < 0$ 이므로 $H(x)$ 는 감소함수이다. 따라서 Auriol and Benaim(2000)의 부록 A에 의해 (C3)의 조건을 만족할 때 $x^*=0$ 는 안정적 균형이 되며, (C2)의 조건을 만족할 때 $x^*=1$ 은 안정적 균형이 된다. (C1)의 조건이 만족될 때, $H(x)=0$ 을 만족하는 내부해가 존재하며, 이 또한 안정적 균형이 된다.

<부록 B> 명제 2의 증명

(i)은 Auriol and Benaim(2000)의 명제(proposition) 4와 따름정리(corollary) 1의 내용이다. 효용함수가 선형함수일 때, 사회후생함수 $W(x_A, x_B)$ 는 강볼록함수이다. 따라서 사회후생을 극대화하는 균형은 모서리해, 즉 $x^*=0$ 이나 $x^*=1$ 가 된다. 명제 1에 의해 효용함수가 선형함수일 때, 정부의 개입 없이도 두 효용함수가 동일하지 않는 한, 시장에서 표준화가 반드시 일어나며, 시장에서 결정되는 표준화는 사회후생을 극대화한다. 두 효용함수가 동일한 경우는 효용의 관점에서 두 표준 간의 차이가 없으므로, 이 또한 시장의 균형이 사회후생을 극대화한다.

(ii)는 Auriol and Benaim(2000)의 명제 5와 따름정리(corollary) 2의 내용과 유사하다. 단지 두 효용함수가 하나는 단일표준화 중립적이고 다른 하나는 단일표준화 비선호적일 경우를 분석하는 것이 차이점이다. (C2+) 혹은 (C3+)를 만족하는 경우 다음과 같이 정의되는 함수 $B(x)$ 는 각각 증가함수이거나 감소함수이다.

$$B(x) \equiv \frac{u_A(x) + u_B(1-x)}{2}$$

그러므로 $B(x)$ 는 (C2+)를 만족하는 경우 $x^*=1$ 에서 극대화되고, (C3+)를 만족하는 경우 $x^*=0$ 에서 극대화된다. 모든 내부해 $x(x \in (0,1))$ 에 대해 다음 관계가 성립한다.

$$W(x, 1-x) < \frac{u_A(x) + u_B(1-x)}{2}$$

또한 $x=0$ 과 $x=1$ 에 대해서는 다음 관계가 성립한다.

$$W(x, 1-x) = \frac{u_A(x) + u_B(1-x)}{2}$$

따라서 사회후생은 두 효용함수가 (C2+)를 만족하는 경우 $x^*=1$ 에서 극대화되고, (C3+)를 만족하는 경우 $x^*=0$ 에서 극대화된다. 효용함수가 (C2+) 혹은 (C3+)를 만족하면 각각 (C2)와 (C3)를 만족하게 된다. 따라서 명제 1에 따라 효용함수가 (C2+) 혹은 (C3+)를 만족하면 시장표준이 각각 A기술과 B기술로 결정되고, 위의 논의에 따라 사회후생을 최적화하게 된다.

(ii)의 경우 두 효용함수가 (C2+) 혹은 (C3+)를 만족하지 못하고 (C4)만 만족하는 경우 사회후생을 극대화하는 균형은 모서리해, 즉 $x^*=0$ 이나 $x^*=1$ 가 된다. 그 이유는 사회후생함수의 이차미분이 다음과 같고,

$$\frac{d^2 W}{dx^2} = \left[\frac{u_A'' u_A + u_B'' u_B}{(u_A + u_B)} + \frac{(u_A' u_B + u_B' u_A)^2}{(u_A + u_B)^3} \right] - \frac{u_A'' u_A^3 + u_B'' u_B^3 + u_B u_A (u_A'' u_A + u_B'' u_B)}{2(u_A + u_B)^3}$$

(C4)와 $u_k'' \leq 0$ 으로 인해 이 값은 양의 값을 가지게 된다. 따라서 (C4)가 만족될 경우 사회후생함수는 볼록함수이고, 모서리해, 즉 $x^*=0$ 이나 $x^*=1$ 에서 극대화된다. 그러나 (C4)와 동시에 (C1)을 만족한다면 시장균형은 $x^*=0$ 이나 $x^*=1$ 이 아니다.

<부록 C> 명제 3의 증명

명제 3은 명제 1과 명제 2의 직접적 결과이다. 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이고 동일하지 않은 경우, 명제 1에 의해 정부의 개입 없이 시장에서 하나의 기술로

표준화가 발생한다. 또 명제 2에 의하여, 이때 시장에서 결정되는 표준화가 사회후생을 극대화한다. 따라서 공인인증서정책은 시장균형보다 사회후생을 증대시키지 못한다. 두 효용함수가 모두 표준화 비선호적이거나, 또는 하나는 표준화 중립적이고 다른 하나는 표준화 비선호적일 경우, 명제 2에 따라 (C2+)와 (C3+)는 시장균형이 하나의 기술로 표준화되고, 또 이때 사회후생이 최적화되는 충분조건이다. 또한 (C4)만 만족하지만 동시에 (C2) 혹은 (C3)를 만족하는 경우도 명제 2에 따라 시장에서 결정되는 표준화가 사회후생을 최적화시킨다. 따라서 이런 경우 공인인증서정책은 공인인증서가 시장에서 결정되는 표준화와 동일할 경우 사회후생을 유지하게 되지만, 그렇지 못한 경우 시장균형에 비해 사회후생을 감소시키게 된다.

<부록 D> 명제 4의 증명

<부록 B> 명제 2의 증명에서 살펴보았듯이, (C4) 조건을 만족하면 사회후생함수의 이차미분이 양을 값을 가지게 되므로, $x^*=0$ 또는 $x^*=1$ 일 때 사회후생이 극대화된다. (C4) 조건을 만족하고 $u_A(1) > u_B(1)$ 이라면 공인인증서로 표준화될 때 사회후생은 극대화된다. 그러나 (C2)를 만족하지 않으면 $x^*=1$ 은 시장균형이 아니다. 그러나 공인인증서정책으로 시장균형은 $x^*=1$ 으로 고착되고, 이때 사회후생은 극대화된다.

<부록 E> 명제 6의 증명

명제 5에 따라 두 효용함수가 (C2)를 만족할 경우 새로운 균형에서의 시장표준은 여전히 공인인증서 기술이 된다. 따라서 이 경우 공인인증서정책 폐지는 사회후생의 변화를 가져오지 못한다. (C3)를 만족하는 경우 명제 5에 따라 새로운 균형에서의 시장표준은 B기술로 전환된다. 두 효용함수가 모두 단일표준화 중립적이라면 (C3)와 (C3+)는 동일한 조건이 되므로, (C3)를 만족하면 명제 2에 의해 전환된 시장표준으로 인해 사회후생이 증가한다. 그러나 1) 두 효용함수가 모두 단일표준화 비선호적이거나, 또는 2) 하나는 표준화 중립적이고 다른 하나는 표준화 비선호적일 경우, (C3)가 아닌 (C3+)를 만족해야 전환된 시장표준이 사회후생을 극대화한다. 또한 1) 두 효용함수가 모두 단일

표준화 비선호적이거나, 또는 2) 하나는 표준화 중립적이고 다른 하나는 표준화 비선호적일 경우, (C1)을 만족하면 시장균형은 두 기술이 공존하는 것이고, (C4)를 만족하면 두 기술 중 하나로 표준화될 때 사회효용이 극대화된다. 따라서 이 경우에 $u_A(1) > u_B(1)$ 이 성립하면 공인인증서정책 폐지는 사회후생을 감소시키게 된다.